

(12) NACH DEM VEREIN ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
1. April 2004 (01.04.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/027240 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **F02D 41/24**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/002982

(22) Internationales Anmeldedatum:  
12. September 2003 (12.09.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
102 43 146.9 17. September 2002 (17.09.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE];  
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HIRN, Rainer

[DE/DE]; Strassackerweg 52, 93073 Neutraubling (DE).  
**PRZYMUSINSKI, Achim** [DE/DE]; Dr.-Leo-Ritter-Str.  
21, 93049 Regensburg (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGE-  
SELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München  
(DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,  
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

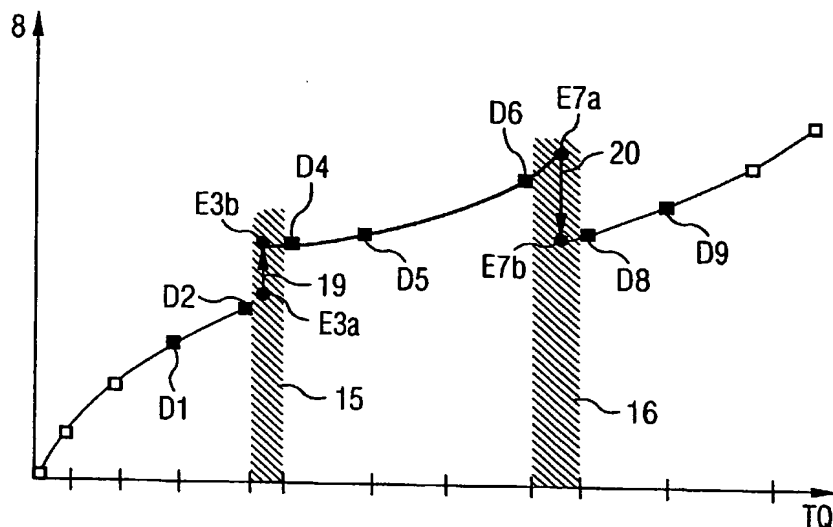
**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden  
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen  
eintreffen

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR THE CHARACTERISTIC MAP-BASED OBTENTION OF VALUES FOR A CONTROL PARAME-  
TER OF AN INSTALLATION

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR KENNFELDBASIERTEN GEWINNUNG VON WERTEN FÜR EINEN STEUERPARA-  
METER EINER ANLAGE



(57) Abstract: Disclosed is a method for the characteristic map-based obtention of values for at least one control parameter of an installation, particularly an internal combustion engine. According to the inventive method, support points for the control parameter, which provide a value for the control parameter, are defined across a range of operational parameters within a characteristic map (4) in accordance with operational parameters of the installation, the range of operational parameters covered in said characteristic map is divided into a first and a second subdomain which comprises several of the support points, and the value for the control parameter is obtained by extrapolation when a boundary of the first subdomain is reached before the value for the control parameter is obtained by accessing support points of the second subdomain.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/027240 A1



*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

**(57) Zusammenfassung:** Es wird beschrieben ein Verfahren zur kennfeldbasierten Gewinnung von Werten für mindestens einen Steuerparameter einer Anlage, insbesondere einer Brennkraftmaschine, bei dem in einem Kennfeld (4) abhängig von Betriebsparametern der Anlage über einen Betriebsparameterbereich Stützstellen für den Steuerparameter definiert sind, die jeweils einen Wert für den Steuerparameter liefern, der im Kennfeld abgedeckte Betriebsparameterbereich in einen ersten und einen zweiten Teilbereich unterteilt ist, der jeweils mehrere der Stützstellen aufweist, und bei Erreichen einer Grenze des ersten Teilbereiches der Wert für den Steuerparameter durch eine Extrapolation gewonnen wird, bevor der Wert für den Steuerparameter durch Zugriff auf Stützstellen des zweiten Teilbereichs gewonnen wird.

## Beschreibung

Verfahren zur kennfeldbasierten Gewinnung von Werten für einen Steuerparameter einer Anlage

5

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur kennfeldbasierten Gewinnung von Werten für mindestens einen Steuerparameter einer Anlage, insbesondere einer Brennkraftmaschine, bei dem in einem Kennfeld abhängig von Betriebsparametern der Anlage über einen Betriebsparameterbereich Stützstellen für den Steuerparameter definiert sind, die jeweils einen Wert für den Steuerparameter liefern.

Es ist für Anlagen, insbesondere für Brennkraftmaschinen, seit langem bekannt, Steuerparameter in Kennfeldern abzulegen, so dass abhängig von verschiedensten Eingangsgrößen, wie beispielsweise Drehzahl, Last, Betriebstemperatur, Öltemperatur, für einen aktuellen Betriebspunkt ein optimaler Wert für den Steuerparameter erhalten werden kann.

20

Für Brennkraftmaschinen, die in verschiedenen diskreten Betriebsmodi betrieben werden können, d. h. bei denen unter verschiedenen Betriebsmodi ausgewählt werden kann, ist es üblich, für jeden Betriebsmodus ein eigenes auf diesen Modus optimiertes Kennfeld vorzuhalten. Beim Wechsel eines Betriebsmodus wird dann auf das dem Betriebsmodus zugehörige Kennfeld umgeschaltet, so dass im weiteren Verlauf des Betriebes der Brennkraftmaschine auf dieses Kennfeld zugegriffen wird, jedenfalls solange der zugeordnete Betriebsmodus andauert. Ein Beispiel für einen solchen Betriebsmoduswechsel findet sich bei Otto-Brennkraftmaschinen, die in stöchiometrischen oder verschiedenen mageren Betriebsarten gefahren werden können. Für solche Brennkraftmaschinen sind üblicherweise drei Betriebsmodi bekannt, nämlich stöchiometrisch, homogen-mager sowie geschichtet-mager.

35

Eine weitere Brennkraftmaschinenart, bei der mehrere Betriebsmodi möglich sind, sind Diesel-Brennkraftmaschinen, bei denen Kraftstoff aus einem Hochdruckspeicher eingespritzt wird (Common-rail-Einspritzsystem). Dort kann die für einen Arbeitstakt eingespritzte Kraftstoffmenge nahezu beliebig in Einzeleinspritzungen aufgeteilt werden. Man spricht diesbezüglich von Vor-, Haupt- und Nacheinspritzungen. Durch die damit verbundene Flexibilität bei der Gestaltung eines Einspritzvorganges ergeben sich für solche Brennkraftmaschinen sehr viel verschiedene Betriebsmodi, die jeweils durch die Aufteilung der Kraftstoffmenge pro Arbeitstakt in die erwähnten Einspritzungen gekennzeichnet ist. Da zu jedem Betriebsmodus ein eigenes Kennfeld vorgehalten werden muss, steigt der Speicherplatzbedarf für Betriebssteuergeräte solcher Brennkraftmaschinen stark an. Darüber hinaus wird die Applikation, d. h. die Anpassung einer Brennkraftmaschinensteuerungsstruktur an ein aktuelles Brennkraftmaschinenmodell, mit der Vielzahl an Kennfeldern relativ unübersichtlich.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren zur kennfeldbasierten Gewinnung von Werten für mindestens einen Steuerparameter einer Anlage der eingangs genannten Art bereitzustellen, mit dem der Speicherplatzbedarf auch bei vielen verschiedenen Betriebsmodi möglich gering gehalten werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren zur kennfeldbasierten Gewinnung von Werten für mindestens einen Steuerparameter einer Anlage, insbesondere einer Brennkraftmaschine, bei dem in einem Kennfeld abhängig von Betriebsparametern der Anlage über einen Betriebsparameterbereich Stützstellen für den Steuerparameter definiert sind, die jeweils einen Wert für den Steuerparameter liefern, der im Kennfeld abgedeckte Betriebsparameterbereich in einen ersten und einen zweiten Teilbereich unterteilt ist, der jeweils mehrere der Stützstellen aufweist, und bei Erreichen einer Grenze des ersten Teilbereiches der Wert für den Steuerpara-

meter durch eine Extrapolation gewonnen wird, bevor der Wert für den Steuerparameter durch Zugriff auf Stützstellen des zweiten Teilbereichs gewonnen wird.

- 5 Die Erfindung nimmt also vom bisherigen Ansatz, für jeden Betriebsmodus ein eigenes Kennfeld vorzusehen, Abkehr und verwendet stattdessen Teilbereiche in Kennfeldern. Da ein Wechsel von einem Teilbereich zu Nächsten, der dem Umschalten zwischen einzelnen Kennfeldern im Stand der Technik entspricht, aber regelmäßig einen nichtstetigen Wechsel des Wertes des Steuerparameters mit sich bringt, kann nicht einfach von einem Teilbereich auf den nächsten umgeschaltet werden, da sich damit ein Sprung ergäbe. Beim Betrieb an der Grenze des Teilbereiches würde dies zu ständigen Sprüngen führen, was mit einer gleichmäßigen Steuerung der Anlagen unvereinbar ist.

- 20 Durch die erfindungsgemäße Extrapolation über den Teilbereich hinaus wird eine Hysterese erreicht, die trotz nichtstetigem Übergang der Steuerparameter Werte an den Teilbereichsgrenzen dennoch einen kontinuierlichen, gleichmäßigen und störungsfreiem Betrieb der Anlage ergibt, auch wenn Betriebspunkte an Grenzen von Teilbereichen über längere Zeit vorliegen. Die Gewinnung von Werten für den Steuerparameter innerhalb der Teilbereiche erfolgt auf übliche Art und Weise, d. h. durch Auswertung der Stützstellen und gegebenenfalls geeignete Interpolation.

- 30 Die Erfindung führt also zwischen Stützstellen innerhalb eines Teilbereiches eine übliche Interpolation, bei Stützstellen an Teilbereichsgrenzen, d. h. bei Stützstellen die an andere Teilbereiche angrenzen, eine Extrapolation auf Basis derjenigen Stützstelle aus. Durch die Extrapolation werden die Übergänge zwischen den Teilbereichen sauber getrennt und zugleich wird ein Speicher, in dem das Kennfeld vorgehalten wird, optimal ausgenutzt.

Die für den Übergang zwischen zwei Teilbereichen vorgesehene Hysterese wird prinzipiell bereits damit erreicht, dass ausgehend von einem Teilbereich eine Extrapolation erfolgt. Eine besonders große und damit zu stabilem Betriebsverhalten der Anlage führende Hysterese wird jedoch dadurch erreicht, dass auch nach einen Teilbereichswechsel zuerst eine Extrapolation erfolgt. Es ist deshalb zu bevorzugen, dass bei Erreichen eines bestimmten Abstandes von der letzten Stützstelle des ersten Teilbereiches der Wert durch eine Extrapolation aus Stützstellen des zweiten Teilbereiches gewonnen wird.

Die Anzahl an Teilbereichen ist prinzipiell freiwählbar; der Fachmann wird sie dem Betriebsverhalten der Anlage entsprechend wählen. Besonders bevorzugt ist es, insbesondere für Brennkraftmaschinen, dass jedem Teilbereich ein (diskreter) Betriebsmodus der Anlage zugeordnet ist. Eine eindeutige Zuordnung zwischen Teilbereich und Betriebsmodus ermöglicht es dann, dass für alle Betriebsmodi der Anlage ein einziges Kennfeld ausreicht.

Besonders vorteilhaft ist das erfindungsgemäße Verfahren beim eingangs erwähnten Brennkraftmaschinentyp, bei dem Kraftstoff direkt in Brennräume eingespritzt wird und sich die diskreten Betriebsmodi durch eine Anzahl an Einspritzungen pro Arbeitstakt unterscheiden. Die erwähnten Diesel-Brennkraftmaschinen mit Direkteinspritzung aus Hochdruckspeichern sind ein Beispiel für solche Brennkraftmaschinen.

Bei Brennkraftmaschinen mit Direkteinspritzung ist die Kraftstoffmasse, die mit der Haupteinspritzung in die Brennräume eingebracht wird, ein wesentlicher Parameter für die Steuerung des Betriebes der Brennkraftmaschine. Ein weiterer Einspritzparameter ist der Einspritzzeitpunkt. Es ist deshalb besonders bevorzugt, dass das Kennfeld Werte von Einspritzparametern abhängig von Drehzahl und Last der Brennkraftmaschine enthält, wobei die Einspritzparameter Einspritzmenge und/oder Einspritzwinkel umfassen können.

Die erwähnte 1:1-Zuordnung zwischen Teilbereichen des Kennfeldes und Betriebsmodi der Brennkraftmaschine hat den Vorteil, dass eine Applikation, d. h. eine Anpassung einer Steuerungsstruktur an ein Brennkraftmaschinenmodell, besonders einfach ist. Es ist dann möglich, die Brennkraftmaschine so zu steuern, dass das bei Erreichen des erwähnten bestimmten Betriebszustandes, d. h. wenn eine Grenze eines Teilbereiches erreicht wird, gleichzeitig ein Wechsel des Betriebsmodusess durchgeführt wird. Zur Gewinnung der Werte für den mindestens einen Steuerparameter wird dann immer auf den Teilbereich des Kennfeldes zugegriffen, der dem jeweiligen Betriebsmodus zugeordnet ist.

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnung beispielshalber noch näher erläutert. In den Zeichnungen zeigen:

- Fig. 1 ein schematisches Blockschaltbild einer Diesel-Brennkraftmaschine mit Hochdruckspeichereinspritzung,
- Fig. 2-5 Zeitreihen des Verlaufes einer Einspritzung für einen Arbeitstakt eines Zylinders bei der Brennkraftmaschine der Figur 1,
- Fig. 6 eine schematische Darstellung eines Kennfeldes für den Betrieb der Brennkraftmaschine der Fig. 1,
- Fig. 7 ein Ablaufdiagramm zur Gewinnung von Steuerparameterwerten bei der Brennkraftmaschinen der Fig. 1,
- Fig. 8 einem beispielhaften Durchlauf durch das Kennfeld der Fig. 6 in einer Betriebsphase mit konstanter Drehzahl und

Fig. 9                    die beim Durchlauf der Fig. 8 erhaltenen Werte  
für einen Steuerparameter.

5    In Fig. 1 ist eine Brennkraftmaschine 1 schematisch darge-  
stellt, die über eine Einspritzanlage 2 verfügt, welche über  
(nicht näher bezeichnete) Leitungen und Injektoren den Kraft-  
stoff direkt in den Brennraum der Brennkraftmaschine 1 ein-  
spritzt. Die Einspritzanlage 2 weist einen Hochdruckspeicher  
10 auf, der in die Brennkammern der Brennkraftmaschine 1 führen-  
de Injektoren speist. Diese Injektoren der Einspritzanlage 2  
können unabhängig von der Drehlage einer Kurbelwelle der  
Brennkraftmaschine 1 angesteuert werden, so dass aus den  
Hochdruckspeichern heraus ein frei steuerbarer Einspritzver-  
15 lauf möglich ist..

Die Brennkraftmaschine 1 sowie die Einspritzanlage 2 werden  
von einem Steuergerät 3 gesteuert, das über nicht näher be-  
zeichnete Leitungen mit diesen Einheiten verbunden ist. Das  
20 Steuergerät 3 weist ein Kennfeld 4 sowie einen Steuerkern 5  
auf, die den Betrieb der Brennkraftmaschine steuern. Im Kenn-  
feld 4, auf das später noch genauer eingegangen wird, sind  
Werte für die Einspritzdauer als Funktion der Drehzahl und  
Last der Brennkraftmaschine abgelegt, wobei das Kennfeld meh-  
25 rere Stützstellen aufweist, die jeweils einen Wert für die  
Einspritzmenge für eine bestimmte Kombination aus  
Last/Drehzahl liefern.

Natürlich hat das Steuergerät 3 noch weitere Kennfelder und  
30 Steuerelemente, die jedoch für die nachfolgende Beschreibung  
zur kennfeldbasierten Gewinnung von Werten für einen Steuer-  
parameter nicht weiter von Relevanz sind.

Das Steuergerät 3 steuert die Einspritzanlage hinsichtlich  
35 der Dauer, für die die Injektoren aktiv sind. Dabei können,  
wie bereits erwähnt, verschiedene Einspritzverläufe für einen  
Arbeitstakt eingestellt werden. Das Steuergerät 3 der Brenn-



kraftmaschine 1 kann beispielsweise die in den Fig. 2 bis 5 dargestellten Einspritzverläufe realisieren. In den Fig. 2 bis 5 ist jeweils in einem Einspritzverlauf 6 eine Kraftstoffmassenrate MF über der Zeit t dargestellt.

5

Fig. 2 zeigt einen ersten Betriebsmodus M1, in dem die Injektoren lediglich eine Haupteinspritzung 7 abgeben. Eine Kraftstoffmasse 8 der Haupteinspritzung 7 ergibt sich dabei über die Integration der Kraftstoffmassenrate MF über die Zeitdauer t der Haupteinspritzung 7.

10

Fig. 3 zeigt einen weiteren Modus M2, der sich vom Modus M1 dadurch unterscheidet, dass der Haupteinspritzung 7 ein Voreinspritzer 9 vorangeht. In der Haupteinspritzung 7 wird dabei die Kraftstoffmasse 8, durch den Voreinspritzer 9 eine Kraftstoffmasse 10 abgegeben. Solche Voreinspritzer werden üblicherweise verwendet, um eine Verbrennung "weich" ablaufen zu lassen und das Laufgeräusch einer Brennkraftmaschine zu mindern.

20

Eine weitere Geräuschminderung ergibt sich bei einem Modus M3, der in Fig. 4 dargestellt ist. Hier ist dem Voreinspritzer 9 ein zusätzlicher Voreinspritzer 11 vorgeschaltet, der eine Kraftstoffmasse 12 in den Brennraum injiziert. Ansonsten entspricht der Modus M3 dem Modus M2.

25

Die große Flexibilität, welche die aus einem Druckspeicher gespeiste Injektionsanlage ermöglicht, zeigt Fig. 5 in der ein weiterer Modus M4 dargestellt ist. In diesen Modus wird neben der Haupteinspritzung 7, die die Kraftstoffmasse 8 in den Brennraum einbringt, und dem Voreinspritzer 9, der die Kraftstoffmasse 10 beinhaltet, noch nach der Haupteinspritzung 7 ein Nacheinspritzer 13 mit einer Kraftstoffmasse 14 abgegeben. Durch einen solchen Nacheinspritzer ergibt sich bei niederen Drehzahlen eine Drehmomenterhöhung.

30

35

Wie deutlich zu sehen ist, kann im Betrieb der Brennkraftmaschine 1 immer nur einer der Modi M1 bis M4 ausgeführt werden. Das Steuergerät 3 bewirkt deshalb eine geeignete Modumschaltung, die von Steuerkern 5 unter Rückgriff auf das Kennfeld 4 eingeleitet wird und dafür sorgt, dass die Brennkraftmaschine 1 immer im günstigsten der Betriebsmodi M1 bis M4 läuft. Der Steuerkern 5 greift dabei zur Auswahl bzw. zur Bestimmung der Kraftstoffmasse 8 der Haupteinspritzung 7 auf das Kennfeld 4 zu, das in Figur 6 schematisch dargestellt ist.

Fig. 6 zeigt die Basis des Kennfeldes 4, das über der Drehzahl  $N$  und dem Drehmoment  $TQI$  aufgespannt ist. In den schraffierten Bereichen des Kennfeldes 4 liegen Stützstellen, die jeweils einen Wert für die Kraftstoffmasse 8 liefern. In einer dreidimensionalen Interpretation des Kernfeldes 4 wären die Stützstellen senkrecht zur Zeichenebene verlaufende Vektoren, deren Länge die Kraftstoffmasse 8 angibt. Die (in Fig. 6 nicht eingezeichneten) Stützstellen sind dabei über die schraffierten Bereiche des Kennfeldes 4 verteilt, wobei die Verteilung üblicherweise äquidistant ist, dies aber nicht sein muss. So ist es möglich, für bestimmte Betriebsbereiche, insbesondere bei niederen Drehzahlen, eine höheren Stützstellendichte vorzusehen.

Das Kennfeld 4 weist vier Teilbereiche T1 bis T4 auf, die den jeweiligen Betriebsmodi M1 bis M4 zugeordnet sind. Die schematische Darstellung der Fig. 6 unterscheidet die Teilbereiche durch die Schraffuren. Die Teilbereiche grenzen in Übergangsbereichen 15 bis 18 aneinander, wobei der Übergangsbereich 15 die Teilbereiche T2 und T3 (entsprechend den Modi M2 und M3), der Übergangsbereich 16 die Teilbereiche T2 und T4 (entsprechend den Modi M2 und M4), der Übergangsbereich 17 die Teilbereich T3 und T4 (entsprechend den Modi M3 und M4) und der Übergangsbereich 18 die Teilbereiche T1 und T2 (entsprechend den Modi M1 und M2) voneinander trennt. In den Ü-

bergangsbereichen 15 bis 18, die in Fig. 6 durch dickere schwarze Linien symbolisiert sind, liegen keine Stützstellen.

5 Um beim Betrieb der Brennkraftmaschine 1 nahe oder in Umgebung eines der Übergangsbereiche 15 bis 18 einen gleichmäßigen Brennkraftmaschinenlauf zu erreichen, werden die Übergangsbereiche 15 bis 18 zum Ausführen einer Hysterese verwendet, wie dies in Fig. 7 als Ablaufdiagramm dargestellt ist.

10 Zuerst wird in einem Schritt S0 der Start der Brennkraftmaschine mit definiertem Teilbereich und definiertem Modus beispielsweise Teilbereich T3 und Modus M3 vorgenommen. Die Werte für die Kraftstoffmasse 8 werden dann innerhalb dieses Teilbereichs durch eine Interpolation zwischen den Stützstellen  
15 gewonnen; dies erfolgt in Schritt S1. Unter Interpolation ist dabei natürlich auch verstanden, dass für den Fall, dass Drehzahl N und Drehmoment TQI genau an einer Stützstelle liegen, exakt der von der Stützstelle gelieferte Wert für die Kraftstoffmasse 8 verwendet wird. Die Brennkraftmaschine wird  
20 dabei im Betriebsmodus M3 betrieben, d. h. es erfolgen zwei Voreinspritzer 9 und 11 und die Haupteinspritzung 7 dauert so lang, dass die vom Teilbereich T3 des Kennfeldes 4 gelieferte Kraftstoffmasse durch die Kraftstoffmasse 8 abgegeben wird.

25 Nach jeder Gewinnung eines Wertes für die Kraftstoffmasse 8 wird in einem Schritt S2 abgefragt, ob der Betriebspunkt in einem Übergangsbereich liegt. Diese Abfrage kann dadurch erfolgen, dass geprüft wird, ob jenseits des aktuellen Betriebspunktes, d. h. in der Richtung, in der die Dynamik des  
30 Betriebes der Brennkraftmaschine eine Entwicklung von Drehzahl N und Drehmoment TQI anzeigt, noch eine weitere Stützstelle innerhalb des Teilbereichs für den Aktivmodus liegt. Ist dies nicht der Fall, ist ein Betrieb im Übergangsbereich gegeben. Für den Fall, dass kein Übergangsbereich vorliegt  
35 (N-Verzweigung) wird vor Schritt S1 zurückgesprungen.

Liegt dagegen ein Übergangsbereich vor (J-Verzweigung) wird mit Schritt S3 fortgefahren, in dem nun unter Rückgriff auf die Stützstellen des Teilbereiches T3 eine Extrapolation erfolgt, um den Wert für die Kraftstoffmasse 8 der Haupteinspritzung 7 zu gewinnen.

Nach jeder Extrapolation fragt ein Schritt S4 ab, ob ein Hystereseseabstand H über einen Schwellenwert SW liegt. Dabei wird geprüft, ob der Abstand von der letzten Stützstelle des aktiven Teilbereiches, der für den aktuellen Modus gilt, über dem Schwellenwert SW liegt, d. h. es wird geprüft, ob (immer noch) ein Betrieb im Übergangsbereich vorliegt. Ist dies nicht der Fall (N-Verzweigung) wird vor Schritt S2 zurückgesprungen.

Hat der Hystereseseabstand H jedoch den Schwellenwert SW überschritten, d. h. ist ein gewisser Mindestabstand von der nächstliegenden Stützstelle des aktiven Teilbereichs erreicht, so wird (J-Verzweigung) mit Schritt S5 fortgefahren, der einen Wechsel der Betriebsmodusses bewirkt. Es wird dabei in den Modus gewechselt, der die bezogen auf Drehzahl N und Drehmoment TQI nächstliegende Stützstelle aufweist. Durch die Schwellenwertüberschreitung des Hystereseseabstandes H ist dabei sichergestellt, dass diese Abfrage und damit diese Bestimmung des nun einzunehmenden Betriebsmodusses ein eindeutiges Ergebnis liefert.

Nachdem im Schritt S5 der Betriebsmodus und damit auch der zuständige Teilbereich gewechselt wurde, schließt sich wieder Schritt S1 an, d. h. in dem nun aktuellen Teilbereich des Kennfeldes 4 erfolgt wieder durch Interpolation die Bestimmung der Kraftstoffmasse 8. Falls eine Interpolation nicht möglich ist, kann analog zum Schritt S3 gegebenenfalls auch eine Extrapolation durchgeführt werden.

Durch die Wahl des Schwellenwertes SW für den Hystereseseabstand H ist sichergestellt, dass auf jeden Fall Stütz-

stellen des nun aktuellen Teilbereichs näher liegen als des Teilbereichs, der gerade verlassen wurde.

Die Fig. 8 und 9 zeigen den Anhand der Fig. 7 beschriebenen Ablauf noch einmal im Detail. Dabei stellt Fig. 8 einen Ausschnitt aus dem Kennfeld 4 der Fig. 6 dar und zeigt den Durchlauf durch zwei Betriebsmoduswechsel bei einer konstanten Drehzahl. Die Kurve der Fig. 9 gibt die zugehörige Kraftstoffmasse 8 als Funktion des Drehmomentes TQI an.

In Fig. 8 sind Betriebspunkte B1 bis B9 eingezeichnet, denen in Fig. 9 entsprechende Datenpunkte D1, D2, E3a, E3b, D4, D5, D6, E7a, E7b, D8 und D9 zugeordnet sind. Bei den mit D bezeichneten Datenpunkten handelt es sich um Werte, die durch Interpolation aus dem Kennfeld 4 bzw. einem Teilbereich des Kennfeldes 4 gewonnen wurden, bei den mit E bezeichneten Datenpunkten um durch Extrapolationen erhaltene Werte.

Die Brennkraftmaschine 1 wird im Ablauf, der in den Fig. 8 und 9 dargestellt ist, zuerst in einem Betriebspunkt B1 betrieben. Der Einfachheit halber wird bei der nachfolgenden Betriebspunktänderung von konstanter Drehzahl ausgegangen. Durch Erhöhung des Drehmomentes TQI bzw. der Anforderung für dieses Drehmoment gelangt die Brennkraftmaschinen in den Betriebspunkt B2, der ebenso wie der Betriebspunkt B1 im Modus M3 abgewickelt wird, in welchen auf den Teilbereich T3 zugegriffen wird. Für den Betriebspunkt B2 wird aus dem Teilbereich T3 des Kennfeldes 4 der Datenpunkt D2 durch Interpolation erhalten.

Aufgrund einer weiteren Drehmomenterhöhung gelangt die Brennkraftmaschine in den Betriebspunkt B3, der nun im Übergangsbereich 15 liegt. Die Abfrage in Schritt S2 führt also nun (erstmalig) zur J-Verzweigung. Die Kraftstoffmasse 8 wird ab jetzt durch eine Extrapolation erhalten, so dass ein extrapolierter Datenpunkt E3a in Fig. 9 vorliegt. Die weitere Entwicklung des Drehmomentes TQI ergibt, dass der Hystere-

seabstand H den Schwellenwert SW überschreitet, weshalb ein Moduswechsel 19 durchgeführt wird, und die Brennkraftmaschine nachfolgend im Betriebsmodus M2 läuft. Der zusätzliche Voreinspritzer 11 wird also nicht mehr abgegeben.

5

Im Betriebsmodus M2 erfolgt die Gewinnung des Wertes für die Kraftstoffmasse 8 durch Extrapolation unter Rückgriff auf die Werte des Teilbereiches T2 des Kennfeldes, so dass nun eine extrapolierte Datenpunkt E3b den Wert für die Kraftstoffmasse 8 im Betriebsmodus M2 liefert. Das Drehmoment steigt weiter und bringt die Brennkraftmaschine zum Betriebspunkt B4, für den eine ausgelesene Datenpunkt D4, gegebenenfalls durch Interpolation, den Wert für die Kraftstoffmasse 8 der Haupteinspritzung 7 angibt.

15

In anschließenden Drehmomenterhöhungen werden Betriebspunkte B5 und B6 im Betriebsmodus M2 erreicht, denen (ausgelesene) Datenpunkte D5 und D6 zugeordnet sind. Das Drehmoment TQI steigt weiter an, wodurch ein Betriebspunkt B7 anliegt der in einem Übergangsbereich, in diesem Fall im Übergangsbereich 16, liegt. Hier gilt das für den Übergangsbereich 15 gesagte analog, d. h. der nächste Wert für die Kraftstoffmasse 8 wird durch Extrapolation an einen Datenpunkt E7a erhalten, wobei zur Extrapolation die Stützstellen des Teilbereiches T2, der den Betriebsmodus M2 zugeordnet ist, verwendet werden.

In dem Moment, in dem der Hystereseseabstand den Schwellenwert überschreitet (J-Verzweigung des Schrittes S4), erfolgt ein Moduswechsel 20, und beim Betrieb der Brennkraftmaschine in Modus M4 werden nun zusätzlich Nacheinspritzer 13 abgegeben. Die für diesen Betriebsmodus gültige Kraftstoffmasse 8 der Haupteinspritzung 7 wird durch Extrapolation aus dem Teilbereich T4 gewonnen, so dass ein extrapolierte Datenpunkt E7b vorliegt. Weitere Drehmomenterhöhungen bringen die Brennkraftmaschine zu Betriebspunkten B8 und B9, an denen der Wert für die Kraftstoffmasse 8 durch Datenpunkte D8 und D9 erhalten wird.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur kennfeldbasierten Gewinnung von Werten für mindestens einen Steuerparameter einer Anlage, insbesondere einer Brennkraftmaschine, bei dem
  - in einem Kennfeld abhängig von Betriebsparametern der Anlage über einen Betriebsparameterbereich Stützstellen für den Steuerparameter definiert sind, die jeweils einen Wert für den Steuerparameter liefern,
  - der im Kennfeld abgedeckte Betriebsparameterbereich in einen ersten und einen zweiten Teilbereich unterteilt ist, der jeweils mehrere der Stützstellen aufweist, und
  - bei Erreichen einer Grenze des ersten Teilbereiches der Wert für den Steuerparameter durch eine Extrapolation gewonnen wird, bevor der Wert für den Steuerparameter durch Zugriff auf Stützstellen des zweiten Teilbereichs gewonnen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem bei Erreichen eines bestimmten Abstandes von der letzten Stützstelle des ersten Teilbereiches der Wert durch eine Extrapolation aus Stützstellen des zweiten Teilbereichs gewonnen wird.
3. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche, bei dem jedem Teilbereich ein diskreter Betriebsmodus der Anlage zugeordnet ist.
4. Verfahren nach Anspruch 3 für eine Brennkraftmaschine, der Kraftstoff in Brennräume eingespritzt wird, bei dem die diskreten Betriebsmodi sich durch eine Anzahl an Einspritzungen pro Arbeitstakt unterscheiden.
5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem das Kennfeld Werte von Einspritzparametern abhängig von Drehzahl und Last der Brennkraftmaschine enthält.

6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem die Einspritzparameter Einspritzmenge und/oder Einspritzwinkel umfassen.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6, bei dem bei Erreichen des bestimmten Betriebszustandes ein Wechsel des Betriebsmodus durchgeführt wird.



FIG 1

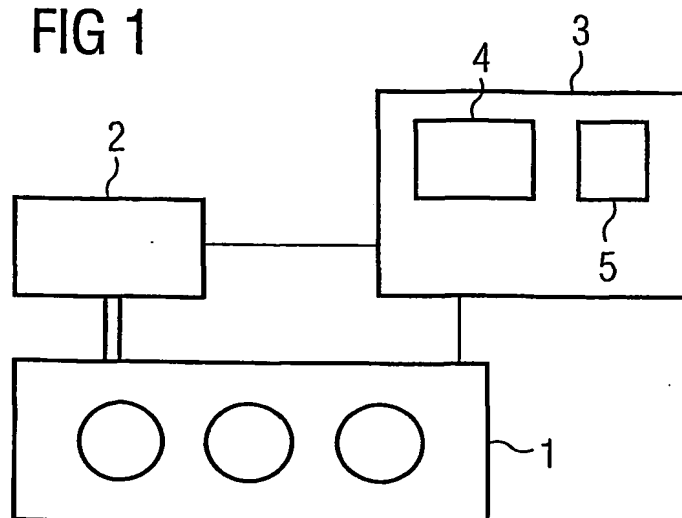


FIG 2

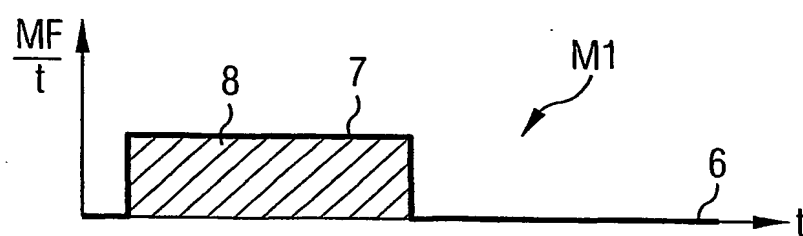


FIG 3

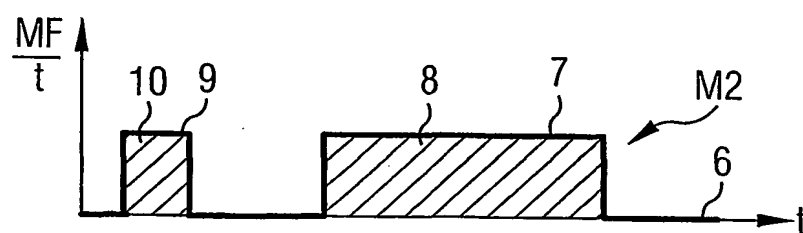


FIG 4

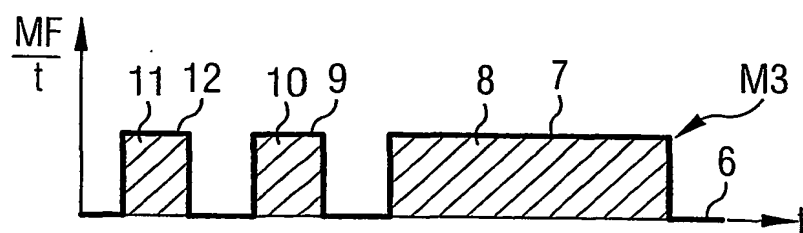


FIG 5

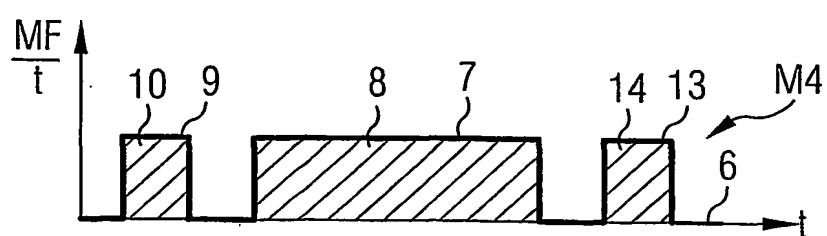


FIG 6

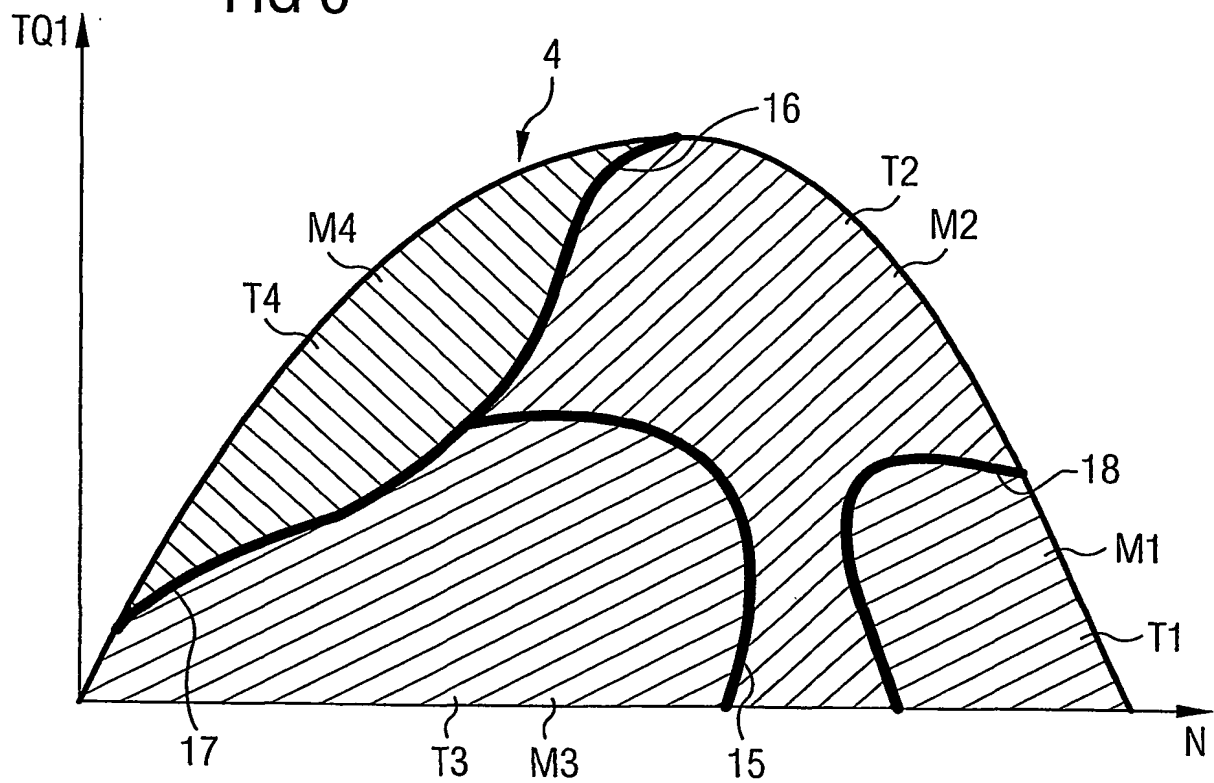


FIG 7

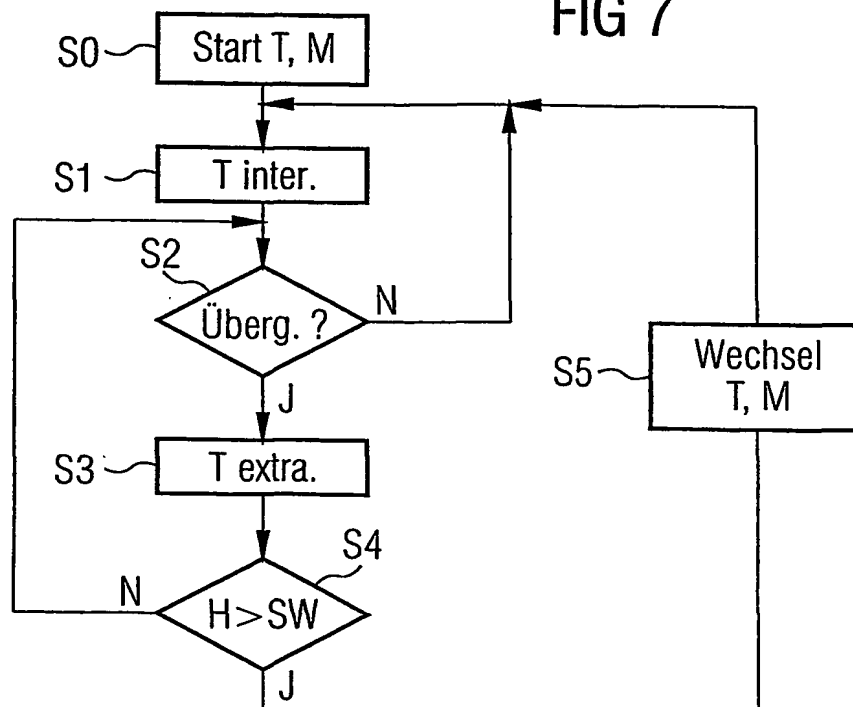


FIG 8

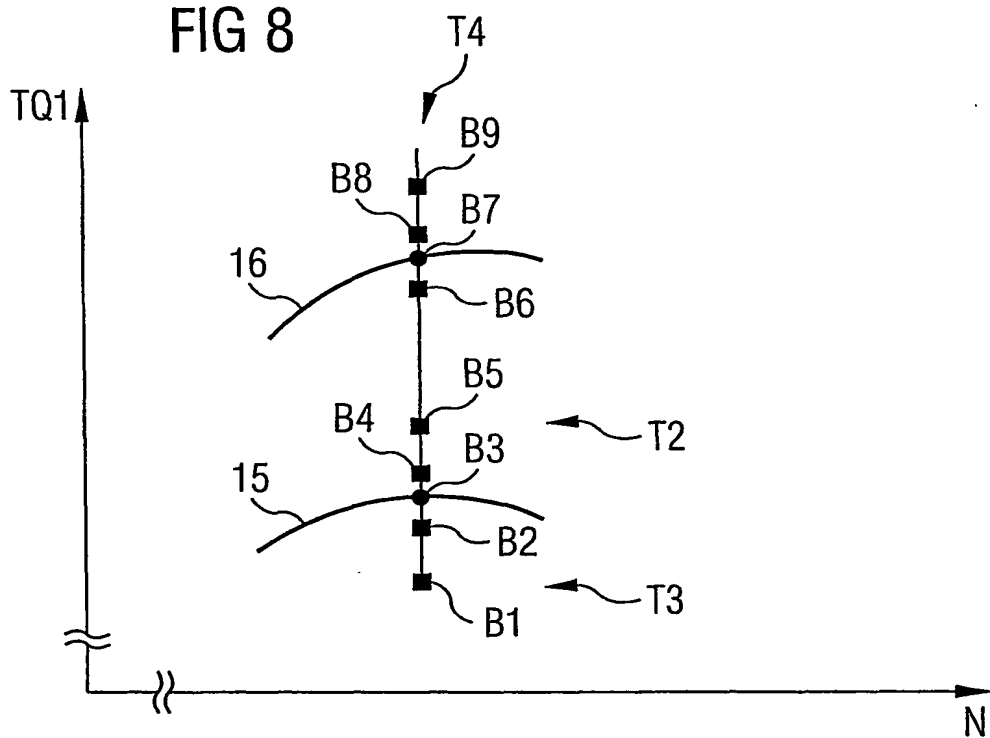
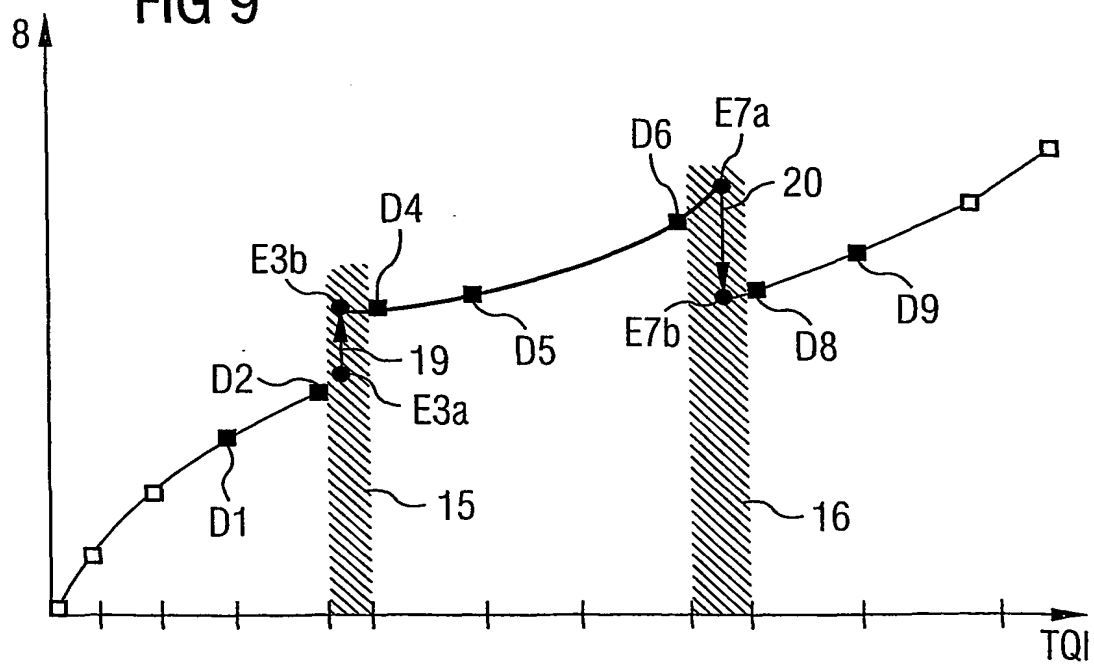


FIG 9



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International : ation No

PCT/ 03/02982

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 F02D41/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 859 141 A (MAZDA MOTOR) 19 August 1998 (1998-08-19) figures 2,3,7 abstract page 8, line 15 - line 24 page 1, line 55 -page 2, line 2 page 7, line 4 - line 49	1-7
E	EP 1 344 921 A (DELPHI TECH INC) 17 September 2003 (2003-09-17) abstract paragraph '0080! - paragraph '0090! --- -/--	1

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the International filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*g\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 January 2004

Date of mailing of the international search report

30/01/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Röttger, K

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/JP83/02982

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 007, no. 271 (M-260), 3 December 1983 (1983-12-03) & JP 58 150040 A (TOYOTA JIDOSHA KOGYO KK), 6 September 1983 (1983-09-06) abstract -----	1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International / ation No

PCT/ 03/02982

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
EP 0859141	A	19-08-1998	JP	10227239 A		25-08-1998
			EP	0859141 A2		19-08-1998
			US	6032637 A		07-03-2000
EP 1344921	A	17-09-2003	EP	1344921 A2		17-09-2003
			US	2004000294 A1		01-01-2004
JP 58150040	A	06-09-1983	JP	1649075 C		13-03-1992
			JP	3012216 B		19-02-1991

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationale Zeichen  
PCT/D 3/02982

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGS- GEGENSTANDES

IPK 7 F02D41/24

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F02D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 859 141 A (MAZDA MOTOR) 19. August 1998 (1998-08-19) Abbildungen 2,3,7 Zusammenfassung Seite 8, Zeile 15 - Zeile 24 Seite 1, Zeile 55 -Seite 2, Zeile 2 Seite 7, Zeile 4 - Zeile 49	1-7
E	EP 1 344 921 A (DELPHI TECH INC) 17. September 2003 (2003-09-17) Zusammenfassung Absatz '0080! - Absatz '0090! --- -/--	1

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

19. Januar 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

30/01/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Röttger, K

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie <sup>a</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 007, no. 271 (M-260), 3. Dezember 1983 (1983-12-03) &amp; JP 58 150040 A (TOYOTA JIDOSHA KOGYO KK), 6. September 1983 (1983-09-06) Zusammenfassung</p> <p>-----</p>	1



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die für selben Patentfamilie gehören

Internationale Einzelzeichen

PCT/EP 03/02982

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0859141	A	19-08-1998	JP	10227239 A	25-08-1998
			EP	0859141 A2	19-08-1998
			US	6032637 A	07-03-2000
EP 1344921	A	17-09-2003	EP	1344921 A2	17-09-2003
			US	2004000294 A1	01-01-2004
JP 58150040	A	06-09-1983	JP	1649075 C	13-03-1992
			JP	3012216 B	19-02-1991